

Kwantowa chłodziarka

Do wakacji zostało już niewiele czasu. Skoro zima była w tym roku dość solidna, to pewnie należy się przygotować na upały. W taki czas przyjemnie mieć coś chłodnego do picia. W warunkach wakacyjnych można skorzystać ze znanego w wielu miejscach o gorącym i suchym klimacie prostego wynalazku – glinianego dzbanka na wodę. Wystarczy dzbanek postawić w przewiewnym miejscu, żeby jego zawartość stała się, po niedługim czasie, przyjemnie chłodna.

Tę własność porowatych dzbanków na pewno wielokrotnie niezależnie odkryto przez przypadek. Zjawisko jest bardzo proste. Porowaty materiał pozwala wodzie przesiąkać, a ta, parując, „odbiera ciepło”. Dzbanek jednocześnie izoluje wodę od otoczenia. Wystarczy porównać tablicowe wartości ciepła właściwego wody (około 4 kJ/kg/K) oraz jej ciepła parowania (ponad 2 MJ/kg), żeby zauważyć, że odparowanie 2‰ wody może obniżyć jej temperaturę o jeden stopień.

Dwie dekady temu nigeryjski nauczyciel, Mohammed Bah Abba, opatentował działającą na tej samej zasadzie chłodziarkę, którą nazwał *Zeer Pot*. Wykonuje się ją z dwóch dzbanków. Mniejszy wkłada się do większego, a przestrzeń między nimi wypełnia piaskiem, który nasącza się wodą, uzupełnianą mniej więcej dwa razy dziennie. Do mniejszego dzbanka wkłada się wiktuały, które dzięki temu przechowują się kilka do kilkunastu razy dłużej. Abba najpierw rozdał kilka tysięcy takich podwójnych dzbanków, a obecnie są one sprzedawane za równowartość trochę ponad jednego dolara. Urządzenie

znacząco poprawiło byt wielu społeczności, głównie żyjących w nich kobiet, istotnie zmniejszając czasochłonność dystrybucji płodów rolnych, będących głównym źródłem utrzymania.

Krótką kontemplacja mechanizmu chłodzenia porowatego dzbanka z wodą może nam uświadomić, że jest to zjawisko zachodzące na poziomie pojedynczych cząsteczek. Do stanu gazowego przechodzi ta ze znajdujących się na zewnętrznej powierzchni dzbanka, która zostanie wystarczająco mocno wzbudzona dzięki drganiom termicznym. Parują te, które unoszą najwięcej energii. Dlatego te, co zostają, uzyskują, średnio, niższą temperaturę.

W zasadzie, jakiego byśmy nie wymyślili sposobu chłodzenia, to można go rozumieć właśnie w ten sposób. Z układu usuwają się najgorętsze drobiny (ewentualnie „pseudodrobiny” – fonony).

Jeden z ciekawych sposobów chłodzenia właśnie doczekał się praktycznego zastosowania, czyli opracowania chłodziarki [1]. Chodzi o złącze przewodnik-izolator-nadprzewodnik (ang: *NIS*: *normal-insulator-superconductor*). Jeżeli izolator jest wystarczająco cienki, to najgorętsze elektrony z przewodnika mogą tunelować do nadprzewodnika. Jest to efekt kwantowy związany z tym, że w nadprzewodniku elektrony poruszają się bez oporu. Przyłożone do złącza napięcie działa jak wiaterek owiewający gliniany dzbanek. Zabiera przetunelowane elektrony, robiąc miejsce następnym.

Praktyczne wykorzystanie takiego złącza wymagało, między innymi, wymyślenia, jak fluid fononów w oziębianym materiale sprząc z elektronami w przewodniku i jak odizolować próbkę od otoczenia. W realizacji opisanej w artykule [1] udało się zbudować układ, który może służyć do chłodzenia makroskopowej wielkości przedmiotów. W pracy opisano schłodzenie miedzianego prostopadłościanu o wymiarach $250 \times 250 \times 3 \text{ mm}^3$, za pomocą 48 odpowiednio podłączonych złączy NIS o milion razy mniejszej sumarycznej masie, od temperatury 300 mK do temperatury 256 mK w ciągu 18 godzin.

Na tego typu chłodziarki czeka wiele zastosowań, w których tanie i skuteczne osiągnięcie bardzo niskiej temperatury jest niezbędne ze względu na konieczną precyzję pomiaru. Potencjalnymi beneficjentami mogą być eksperymenty informatyki kwantowej, eksperymenty poszukujące cząstek ciemnej materii czy badające kosmiczne mikrofalowe promieniowanie tła w celu odpowiedzi na pytanie o naturę ciemnej energii.

A przy okazji, jest to kolejny przykład obserwacji efektów kwantowych w skali makroskopowej.

Piotr ZALEWSKI

[1] P.J. Lowell, G.C. O’Neil, J.M. Underwood, J.N. Ullom, *Macroscopic refrigeration by nanoscale electron transport*, Appl. Phys. Lett. **102**(2013)082601.

